

# **Aplikasi Pewarnaan Graf dengan Algoritma *Recursive Largest First* pada Penjadwalan Mata Kuliah Program Studi Peternakan Fakultas Peternakan UNHAS**

Rahmat Syam<sup>1)</sup>, Hisyam Ihsan<sup>2)</sup>, dan Asman<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Makassar

<sup>1</sup> rahmat.syam@unm.ac.id

<sup>3</sup> asmanrc45@gmail.com

**Abstrak.** Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang menggunakan algoritma *Recursive Largest First* (RLF) pada penjadwalan mata kuliah di Prodi Peternakan Fakultas Peternakan UNHAS. Data diperoleh dari bagian administrasi Fakultas Peternakan UNHAS yaitu data perkuliahan Semester Genap 2017/2018. Penjadwalan mata kuliah dilakukan dengan merepresentasikan masalah ke dalam bentuk graf berdasarkan data yang diperoleh dengan menganggap mata kuliah sebagai simpul dan dosen sebagai sisi. Dibentuk matriks ketetanggaan dari graf yang terbentuk, kemudian simpulnya diwarnai menggunakan algoritma *Recursive Largest First* (RLF), sehingga diperoleh jadwal kuliah. Penjadwalan mata kuliah menggunakan pewarnaan simpul graf dengan algoritma RLF digunakan VBA for Microsoft Excel 2016 sebagai alat bantu dalam pewarnaan simpul graf. Diperoleh 102 simpul dengan 25 warna yang menunjukkan bahwa dibutuhkan 25 waktu perkuliahan. Jumlah simpul yang diwarnai dengan warna yang sama  $\leq 6$  simpul artinya dalam setiap slot dibutuhkan maksimal 6 ruangan perkuliahan. Mata kuliah yang terjadwal dijamin bahwa tidak ada jadwal dosen yang bersamaan untuk setiap mata kuliah yang diajarkan.

**Kata Kunci:** Graf, *Recursive Largest First*, Jadwal Kuliah

**Abstract.** This research discusses the colorization of graph vertex using algorithm of *Recursive Largest First* (RLF) in scheduling courses in the Faculty of Animal Husbandry UNHAS. This type of research is applied research. Data obtained from administration of the Faculty of Animal Husbandry UNHAS. The data is about lectures data of even semester of academic year 2017/2018. Representation of problems in scheduling courses was done by making it in the shape of the graph assuming subjects as vertex and the presence of the same lecturers teach different courses as a side. The steps in solving a problem that was mapping the lectures data, representing the lectures data as a graph, forming adjacency matrix, coloring the graph vertex using algorithm of RLF, so that the schedule was retrieved. Scheduling of courses using the colorization of graph vertex with algorithm of RLF as well as the help of VBA for Microsoft Excel 2016 at Faculty of Animal Husbandry obtained 102 vertices with 25 colors indicates that it takes 25 of lecture schedules. The number of vertices that were colored with the same color  $\leq 6$  vertices meaning in every slot needed 6 lecture rooms in maximum. Scheduled courses are guaranteed that no schedule conflicts for each lecturer of courses taught.

**Keywords:** Colorization of Graph Vertex, Algorithm of *Recursive Largest First*, Lecture Schedules.

## **PENDAHULUAN**

Graf merupakan diagram yang digunakan untuk menggambarkan berbagai struktur yang ada. Tujuannya adalah sebagai visualisasi objek-objek agar lebih mudah dimengerti dan dipahami. Dengan mengkaji dan menganalisa model atau rumusan teori graf dapat diperlihatkan peranan dan kegunaannya dalam memecahkan permasalahan. Permasalahan yang dirumuskan dengan

teori graf dapat disederhanakan dengan mengambil aspek-aspek yang diperlukan dengan memodelkannya (Masni dan Abidin, 2014).

Pewarnaan graf menempatkan kejadian demi kejadian secara sekuensial ke dalam periode waktu yang valid sedemikian sehingga tidak ada konflik antar kejadian. Teknik ini menggunakan representasi graf, di mana kejadian direpresentasikan sebagai verteks dan konflik direpresentasikan sebagai jalur/simpul (Sunarni, dkk., 2017). Pewarnaan graf dibagi menjadi 3 macam yaitu pewarnaan simpul (*vertex*), pewarnaan sisi (*edge*), dan pewarnaan wilayah (*region*). Penerapan pewarnaan graf dalam kehidupan sehari-hari dapat diterapkan pada penjadwalan. Sebuah jadwal yang ada mula-mula dipetakan menjadi bentuk graf terlebih dahulu. Proses pewarnaan graf ini nantinya akan dilakukan pada graf yang terbentuk (Hidayatulloh, 2015).

## KAJIAN PUSTAKA

### Graf

Graf muncul pada tahun 1736 ketika Leonhard Euler mempublikasikan bukunya mengenai pemecahan masalah Jembatan Königsberg yang berjudul “Solution Problematis Ad Geometriam Situs Pertinentis”. Meskipun minat akan teori graf baru berkembang setelah tahun 1920, hingga akhirnya buku tentang Teori Graf muncul pada tahun 1936.

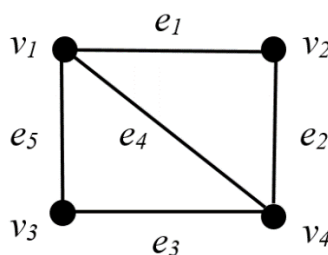
**Definisi 1** Graf merupakan struktur diskrit yang terdiri atas dua himpunan, yakni himpunan simpul (*vertex*) dan himpunan sisi (*edge*), biasa dinotasikan  $G(V,E)$ .

(Adiwijaya, 2016)

Notasi sebuah graf adalah  $g=(V,E)$ , di mana:

1.  $V$  merupakan himpunan tak kosong dari simpul-simpul, misalkan  $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ .
2.  $E$  merupakan himpunan sisi-sisi yang menghubungkan sepasang simpul, misalkan  $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ .

Gambar 1 merupakan salah satu contoh graf, yakni graf  $G$  dengan  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$  dan  $E=\{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$ .



GAMBAR 1. Graf  $G$

**Definisi 2** Derajat suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Notasi:  $d(v)$  menyatakan derajat simpul  $v$ .

(Munir, 2003)

Adapun beberapa jenis-jenis graf yaitu:

1. Graf Tak Berarah (*Undirected Graph*)

Graf tak berarah adalah graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah. Pada graf tak berarah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh sisi tidak diperhatikan. Jadi,  $(v_i, v_j) = (v_j, v_i)$  adalah sisi yang sama (Adiwijaya, 2016).

2. Graf Berarah (*Directed Graph* atau *Digraph*)

Graf berarah adalah graf yang setiap sisinya diberikan orientasi arah. Sisi berarah biasa disebut dengan busur (*arc*). Pada graf berarah,  $(v_i, v_j)$  dan  $(v_j, v_i)$  merupakan dua buah busur yang berbeda. Untuk busur  $(v_i, v_j)$ , simpul  $v_i$  dinamakan simpul asal dan simpul  $v_j$  dinamakan simpul terminal (Adiwijaya, 2016).

3. Graf Berlabel

Graf berlabel adalah graf yang setiap sisinya diberi sebuah label (bobot) (Adiwijaya, 2016).

4. Graf non planar

Graf non planar adalah graf yang tidak dapat digambarkan pada bidang datar tanpa ada sisi yang tidak saling memotong (bersilangan) (Munir, 2007).

5. Graf planar

Graf planar adalah graf yang dapat digambarkan pada bidang datar dengan sisi-sisi yang tidak saling memotong (Munir, 2007).

## Representasi Graf

Graf dapat direpresentasikan dengan mendaftar himpunan simpul dan himpunan sisinya. Cara lain untuk merepresentasikan suatu graf adalah sebagai berikut (Sudirman, 2013):

1. Daftar ketetanggaan

Daftar ketetanggaan yaitu menentukan simpul-simpul yang bertetangga dengan setiap simpul pada graf.

2. Matriks ketetanggaan

**Definisi 3** Matriks adalah susunan segi empat siku-siku dari bilangan-bilangan. Bilangan-bilangan dalam susunan tersebut dinamakan entri dalam matriks.

(Anton, 1987)

**Definisi 4** Sebarang graf  $G$  berkorespondensi dengan suatu matriks berukuran  $n \times n$  yang disebut matriks ketetanggaan dari  $G$ . Matriks ketetanggaan  $A(G)=[a_{ij}]$ , dimana  $a_{ij}$  adalah banyak sisi yang terkait dengan simpul  $v_i$  dan  $v_j$ .

(Muktyas, 2010)

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } (v_i, v_j) \in E \\ 0, & \text{jika selainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Persamaan (1) menjelaskan bahwa  $a_{ij} = 1$  jika  $v_i$  bertetangga dengan  $v_j$  atau simpul 1 saling berhubungan dengan simpul 2 (Sari, dkk., 2013).

## Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf adalah metode pewarnaan elemen dari sebuah graf yang terdiri dari pewarnaan simpul (*vertex*), sisi (*edge*), dan wilayah (*region*).

**Definisi 5** Pewarnaan simpul pada graf adalah memberi warna pada simpul-simpul suatu graf sehingga tidak ada dua simpul yang bertetangga memiliki warna yang sama. Simpul-simpul dapat diberikan sembarang warna asalkan simpul tetangganya berbeda.

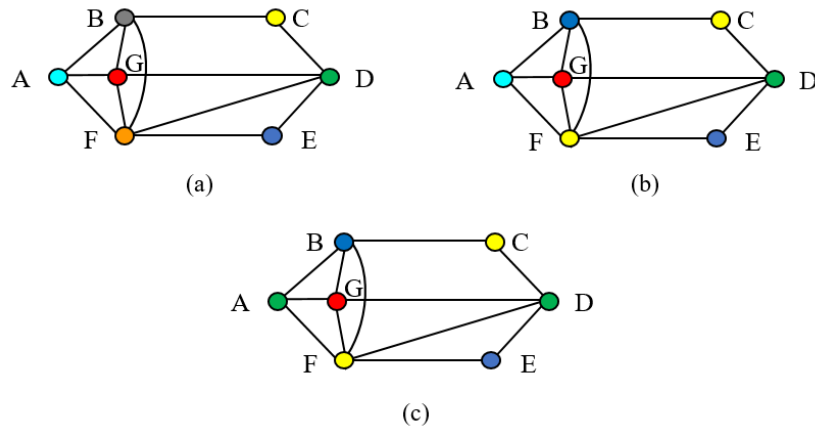
(Munir, 2003)

Bilangan kromatik graf  $G$  adalah minimum banyaknya warna yang diperlukan untuk mewarnai semua simpul  $G$ , sedemikian sehingga setiap dua simpul yang berhubungan langsung mendapat

warna yang berbeda. Bilangan kromatik dari graf  $G$  dilambangkan dengan  $\chi(G)$  yang didefinisikan sebagaimana persamaan (2).

$$\chi(G) = \min \{k \mid \text{ada pewarnaan-}k \text{ pada } G\} \quad (2)$$

Suatu pewarnaan simpul graf dikatakan efektif jika pewarnaan simpul graf tersebut memenuhi Definisi 5. Suatu pewarnaan simpul graf disebut efisien jika jumlah warna yang digunakan untuk mewarnai suatu graf adalah bilangan kromatik dari graf tersebut (Sudirman, 2013).



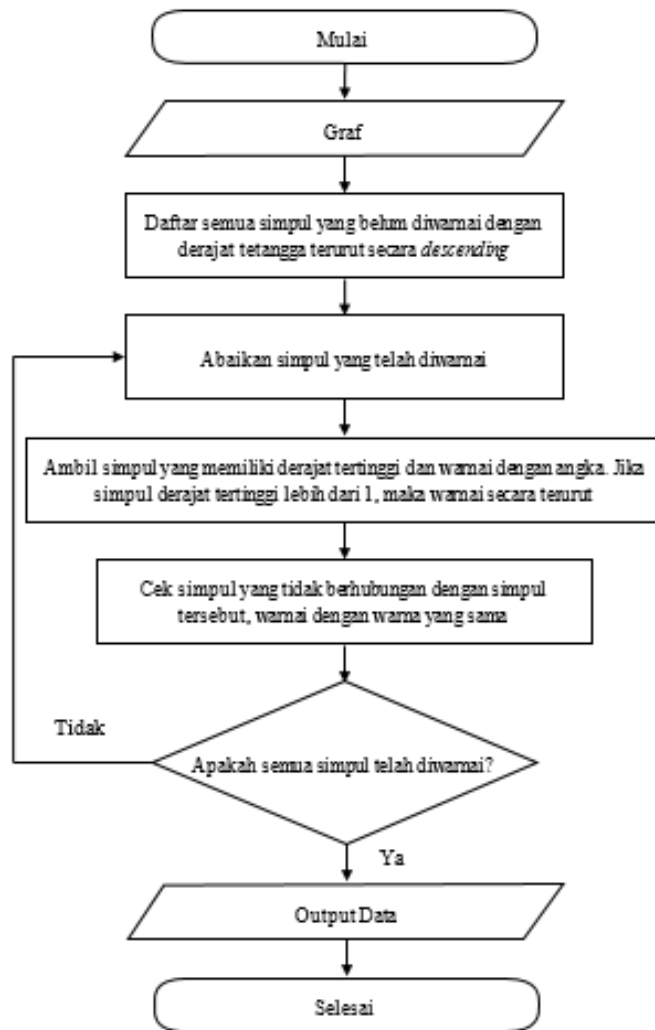
**GAMBAR 2.** Graf  $G$  dengan berbagai warna; (a) 7 warna, (b) 5 warna, (c) 4 warna.

### Algoritma *Recursive Largest First*

Algoritma *Recursive Largest First* (RLF) merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan dalam pewarnaan graf untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Algoritma RLF mampu mengatasi penjadwalan dengan graf yang berorde besar. Flowchart dari algoritma RLF dapat dilihat pada Gambar 3.

Adapun bentuk matematis langkah-langkah pewarnaan simpul graf menggunakan Algoritma RLF dijelaskan sebagai berikut:

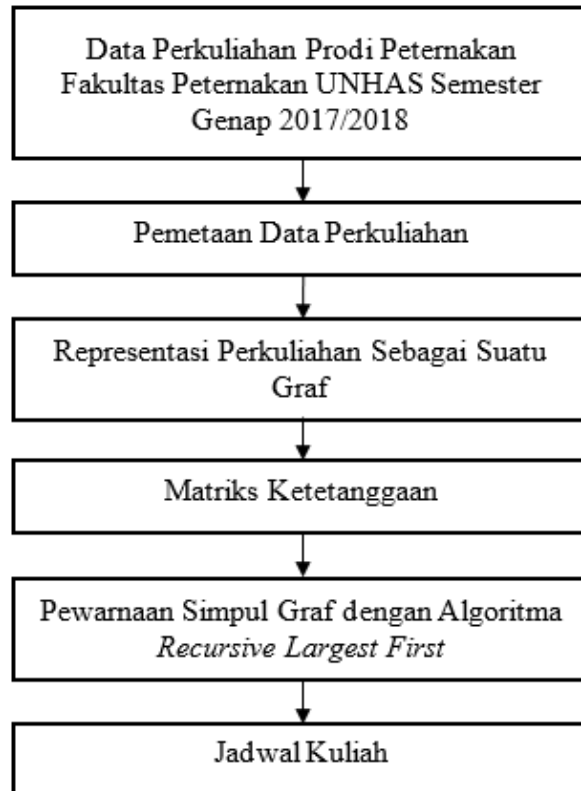
1. Misalkan,  $a=UNCOLORED$ ,  $b=COLORED$
2. Tetapkan  $a = V$ ,  $b = \emptyset$ ,  $1 \leq i \leq |V|$ ,  $I=1$ .
3. Jika  $a = \emptyset$ , berhenti dan kembali ke  $b[i]$ ,  $1 \leq i \leq |V|$ .
4. Jika setiap simpul di  $a$  dihubungkan ke suatu simpul di  $b[I]$ , tetapkan  $I = I+1$ .
5. Misalkan  $x$  adalah simpul di  $a$  dengan derajat maksimum dari simpul-simpul yang tidak terhubung dengan satu simpul pun di  $b[I]$ .
6. Tetapkan  $b[I] = b[I] \cup \{x\}$ ,  $a = a - \{x\}$ , dan ke langkah 2.



**GAMBAR 3.** Flowchart Algoritma Recursive Largest First

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian terapan yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mata kuliah menggunakan/menerapkan pewarnaan graf dengan algoritma Recursive Largest First. Data bersumber dari bagian Administrasi Fakultas Peternakan UNHAS. Gambar 4 merupakan skema langkah-langkah penyelesaian masalah pada penelitian ini.



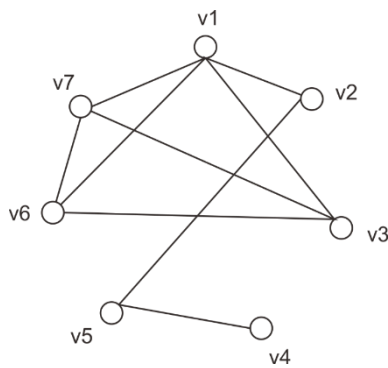
**GAMBAR 4.** Alur Penyelesaian Masalah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data perkuliahan diperoleh dari bagian Administrasi Fakultas Peternakan UNHAS. Data yang diperoleh yaitu sebanyak 102 mata kuliah, 64 dosen, 13 ruang perkuliahan. Adapun waktu perkuliahan yaitu untuk hari Senin-Kamis pukul 08.00-16.40 dan hari Jum'at pukul 08.00-16.30. Pemetaan data perkuliahan yakni hubungan antara mata kuliah dengan dosen dalam bentuk tabel pembebanan, dapat dilihat pada Tabel 1.

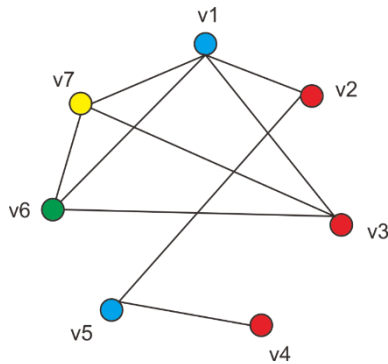
**TABEL 1.** Tabel Pembebanan

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
MK-01						
MK-02						
MK-03						
MK-04						
MK-05						
MK-06						
MK-07						



**GAMBAR 5.** Graf G Representasi Tabel 1.

Tabel 1 merupakan tabel pembebanan masalah penjadwalan kuliah yang kemudian direpresentasikan ke dalam graf G yang dapat dilihat pada Gambar 5. Graf G kemudian diwarnai simpulnya dengan algoritma RLF sehingga diperoleh hasil pewarnaan graf yang terlihat pada Gambar 6.



**GAMBAR 6.** Graf G Setelah Diwarnai dengan Algoritma RLF

Hasil pewarnaan simpul graf menggunakan bantuan *VBA for Microsoft Excel 2016* dapat dilihat pada Gambar 7.

No.	Mata Kuliah	Ruangan	Waktu		Dosen	
			Hari	Jam		
1	Abatoar	L7 Lecture Theatre	Senin	08.00-09.40	D01	D04
2	Analisis dan Studi Kelayakan Proyek	PB 413	Senin	10.00-11.40	D03	D04
3	Biokimia Peternakan	L7 Lecture Theatre	Senin	10.00-11.40	D01	D06
4	Genetika Peternakan	PB 416	Senin	10.00-11.40	D02	D05
5	Ilmu Ternak Unggas	PB 413	Senin	08.00-09.40	D03	D05
6	Perencanaan Materi Penyuluhan Ternak	L7 Lecture Theatre	Senin	13.00-14.40	D01	D06
7	Tingkah Laku Ternak	L7 Lecture Theatre	Senin	15.00-16.40	D01	D06

**GAMBAR 7.** Hasil Jadwal Mata Kuliah Representasi Tabel 1 dengan Bantuan *VBA for Micosoft Excel 2016*

Proses penjawalan mata kuliah menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma RLF dilakukan dengan program simulasi komputer untuk menghasilkan output yang lebih cepat. Hasil yang diperoleh secara manual dan menggunakan bantuan program komputer tidak memiliki perbedaan pada jumlah warna dan anggota kelompok tiap warna. Program ini juga menjamin bahwa tidak ada jadwal dosen yang mengajar beberapa mata kuliah akan mendapatkan jadwal yang bersamaan untuk setiap mata kuliah yang diajarkannya. Hal ini sesuai dengan definisi pewarnaan simpul graf.

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi yang telah dilakukan dihasilkan 102 simpul dan 25 warna. Jumlah warna yang dihasilkan tidak menjamin bahwa jumlah tersebut merupakan jumlah warna minimum karena derajat simpul memungkinkan ada yang sama sehingga urutan pewarnaan dilakukan sesuai urutan simpul. Jumlah simpul menunjukkan jumlah perkuliahan yang dijadwalkan dan jumlah warna menunjukkan jumlah slot waktu yang dibutuhkan dalam penjadwalan mata kuliah.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Representasi masalah penjadwalan mata kuliah dilakukan dengan dibuat dalam bentuk graf dengan menganggap mata kuliah sebagai simpul dan adanya dosen yang sama mengajar mata kuliah yang berbeda sebagai sisi.
2. Penyusunan jadwal mata kuliah menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma *Recursive Largest First* dilakukan dengan mendaftar semua derajat simpul dan mengurutkannya secara *descending*; dipilih simpul yang berderajat terbesar sebagai simpul awal dan diwarnai dengan sebuah warna; dicari simpul yang tidak bertetangga dengan simpul awal sehingga simpul-simpul tersebut menjadi calon simpul yang akan diwarnai sama dengan simpul awal; diseleksi calon simpul sehingga diperoleh simpul mana saja yang dapat diwarnai sama dengan warna simpul awal; langkah-langkah di atas diulang hingga semua simpul terwarnai.
3. Penjadwalan mata kuliah menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma RLF serta bantuan *VBA for Microsoft Excel 2016* di Prodi Peternakan Fakultas Peternakan UNHAS diperoleh 102 simpul dengan 25 warna yang menunjukkan bahwa dibutuhkan 25 waktu perkuliahan. Jumlah simpul yang diwarnai dengan warna yang sama  $\leq 6$  simpul artinya dalam setiap slot dibutuhkan 6 ruangan perkuliahan. Mata kuliah yang terjadwal dijamin bahwa tidak ada jadwal dosen yang bersamaan untuk setiap mata kuliah yang diajarkan.

## SARAN

Adapun saran-saran yang bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk mengembangkan penelitian serupa adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan database.
2. Memperhatikan variabel lain seperti mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah.
3. Memperhatikan jumlah dosen pengajar tiap mata kuliah bagi instansi terkait

## DAFTAR PUSTAKA

Adiwijaya. (2016). *Matematika Diskrit dan Aplikasinya*. Bandung: Alfabeta.  
Anton, H. (1987). *Aljabar Linear Elementer: Edisi Kelima*. Bandung: Erlangga.



- Hidayatulloh, T. (2015). Perancangan Sistem Penjadwalan Pembelajaran Graph Coloring. *Jurnal INFORMATIKA*, 2(2). 416-424.
- Masni, Abidin, W. (2014). Pewarnaan Sisi pada Graf Berhubungan dengan Sikel. *Jurnal MSA*, 2(1). 69-75.
- Muktyas, I. B. (2010). Program Pewarnaan Graf untuk Pemodelan Penjadwalan Ujian Semester di Jurusan Matematika UNNES. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Munir, R. (2003). *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika.
- Sunarni, T., Bendi, K. J., & Alfian, A. (2017). Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Pewarnaan Graf. *Prosiding SNTI dan SATELIT* (pp. E48-53). Malang, Indonesia: Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya